光学機器組込用メタルハライドランプ[†]

正会員 棚 木 教 一*

1. はじめに

光学機器用光源の主流であったハロゲン電球やキセノンランプに代わり、近年、省電力、高演色高効率、コンパクトの面から、ショートアークタイプのメタルハライドランプが用いられるようになってきた。

特に液晶関連技術の急速な進展や高画質ビデオディスクなどの普及に伴って、手軽に大画面映像を楽しめる機器として、数インチの液晶パネルの画像をレンズ系を用いて拡大投影する投写型液晶プロジェクトの開発、商品化¹⁾が活発に行われ、120~250Wのショートアークタイプのメタルハライドランプが数多く用いられるようになってきた。

更に、従来ハロゲン電球が多く用いられていた OHP 用光源や、ファイバと組み合わせた用途への進出も今後拡大されると予測される。

本稿では、液晶プロジェクト用光源として発展しつつあるショートアークタイプのメタルハライドランプを中心に、光学機器用光源の現状と今後の方向について報告する。

2. 光学機器用として要求される特性

光学機器の代表例として液晶プロジェクトを図 1 に示す。

液晶プロジェクトが光源に要求する諸特性は、

- (1) 光学系の特性に適合した発光スペクトル特性
- (2) 点光源近似
- (3) 高効率
- (4) 長寿命
- (5) 安全性、点灯回路を含めた小型化
- (6) 点灯回路を含めた小型化

などが挙げられ、光学機器用として要求する特性を代表していると思われる。

現在のところ、これらの要求を全て満足する光源はないがメタルハライドランプが最も多く利用されており、他の光源と比較して、今後液晶プロジェクトや光学機器の要求に対応できる可能性が大きいと考えられている。²⁾

図 1. 投写型液晶プロジェクトの例

[†] Metal Halide Lamps for Optical Use

Kyoichi Maseki

* 岩崎電気株式会社 光源事業本部

〒361 埼玉県行田市沓里山町1-1

3. 光学器系見込み用ランプの構造

液晶プロジェクタでは、光源からの光を効率よく集め、且つ質の高い平行光として液晶パネルへ照射する必要がある。また、コンパクトな装置に組み込まれ、光学的な位置合わせを簡便にするため、回転放物面や回転楕円面を有する反射鏡と発光管とを一体化した構造が一般的である³⁾。

図2に、液晶プロジェクタ用光源として代表的な150Wショートアークメタルハライドランプの例を示す。

反射鏡は装置内での使用を想定して、熱衝撃に強い硬質ガラス(線熱膨張係数 $\alpha=32\sim40\times10^{-7}/^{\circ}\text{C}$)とし、焦点距離13mmの放物面鏡の内表面には赤外線透過し、可視光のみを反射するコールドミラータイプの反射膜を蒸着してある。

図2. 150W ミラー付きショートアーク型
メタルハライドランプ

反射鏡の底部側には発光管を固定する孔があり、発光管の端部に口金を設け、反射鏡の焦点に発光部のほぼ中心を位置させる様に石英製発光管を配置し、無機質接着剤で固定している。

発光管は光学的影響を避けるため出来るだけ小形にする必要がある。

このため外管無しの一重管構造とし、放電容器は動作時の高圧に耐えるよう球形または楕円球形に成形されている。

メタルハライドランプにおいては、発光管は径方向に分光分布の差異がある事⁴⁾や、軸方向での輝度ムラを緩和するため、表面を散光処理する事が一般的に行われている。

シール部はモリブデン箔の酸化が急激に起こる350℃以下の温度²⁾とするため、一般照明用に比べて長く約25mm程度に設計されている。

発光管の寸法を出来るだけ小さくする必要上、内部補極等の始動補助手段が取れないためにランプを始動、再始動させる際には高圧の始動パルスが必要とする。

そこで構造的には、発光管の一端に電力供給を兼ねた口金を設け、もう一方の端部は絶縁性を確保するためリード線を介して口金より遠く離れた反射鏡部に端子台を設けて結線する様に工夫されている。

OHP用光源としては、平行光をあまり要さない点と、コンデンサレンズと光源部を真近に配置する点から図3に示す通り、装置内に組み込む際に、光学的位置合わせが容易な片口金形の単純な構造となっている。

近年、OHPフィルム代わりにカラー液晶を用いてプレゼンテーションを行う要求が高まり、全光束を重視する傾向が強くなりつつあるため、電極間距離を長く採っている以外は、液晶プロジェクタ要光源の発光管構造とあまり差がない。

図3. OHP用150W ショートアーク
メタルハライドランプの例

4. 発光スペクトル特性

画面上で良好な色再現性を得るには、ランプの発光スペクトル分布が光学系全体の分光特性に適合している事が必要である。

その様な発光スペクトル分布を示す添加物系としては、Dy-Tl系、Lu-Li系⁵⁾、Dy-Nd-Cs系⁷⁾等が挙げられるが、それら代表的な添加物系について、画面上の色再現性をシミュレーション計算によって求めた例がある。

図4に示すDy-Nd-Cs系が現在のところ最も適しているとの報告⁴⁾があり、可視全域に連続光を有しているため他の光学部品の設計裕度も大きく、赤緑青のいずれもNTSC三原色に近似した純度の高い単色光が得られている。

5. 点光源近似

光学機器用では装置全体をコンパクトにまとめる上で反射鏡の大きさや光路長が制限を受ける場合が多い。

この様な条件の中で光学的な効率を増大させるためには、発光部を出来るだけ点光源に近似させた光源が求められる。

ショートアークタイプのメタルハライドランプの場合、外管を用いない一重管構造のため、封入する希土類ハライド化物の蒸気圧を充分に得る上からも放電容器は一般照明用のメタルハライドランプに比べて小さく設計されている。

図4. Dy-Nd-Cs系メタルハライドランプの分光分布

このため管壁負荷は大きく、 $40\sim60\text{W}/\text{cm}^2$ となり、 $120\sim250\text{W}$ クラスで $65\sim85\text{lm}/\text{W}$ の高効率を得ている。

この様に設計された放電容器を用いて、画面上の照度分布を考慮し実用的な画質を求めた 120W クラスの実験⁸⁾では、比較的均一な画面を得るためには電極間距離 $3\sim4\text{mm}$ 程度が限界であり、それ以下の短い距離にしても中心照度を高める事は出来るが、あまり平均照度は変わらない結果であった。

放電容器の材料として石英ガラスを用いているため、

- (1) 耐熱性の面から管壁負荷の制限を受ける事
 - (2) 破裂の恐れを回避する上で発光管内圧をあまり高められず、ランプ電圧に限定を受ける事
 - (3) 電極間距離を小さくすると発光効率が低下する事
- などから、例えば 150W クラスで $4\sim5\text{mm}$ 、 250W クラスで $5\sim7\text{mm}$ と、電極間距離は、幾分大きな設計になっているのが実状である。

一方、液晶パネル面において無効となる光をパネル上に設けたマイクロレンズアレイを用いて画素開口部以外のブラックマトリックスに入射してしまう光を有効に画素開口部に集光させ、実効開口率の向上を図った液晶プロジェクタ⁹⁾が出現している。

この様に、ある程度まで点光源に近似させた光源を利用し、光学装置上の光学系を見直しながら画面特性の向上を図る試みが今後も推進されると予想される。

6. 長寿命化

ショートアークタイプのメタルハライドランプでは、放電容器材料として石英を用い、希土類金属を含むハライド化物を添加物としているため、点灯中石英と添加物との反応によって放電容器の内壁が失透し¹⁰⁾、発光部から出た直線光が産卵されるので画面上の照度が低下するという問題があった。

そのため、図2に示す電極間距離 7mm 、楕円球の最大外径 11mm の 150W ショートアークメタルハライドランプを鉛

直点灯で用いる液晶プロジェクタの場合、画面上の中心照度の経時変化は図5(a)で示す曲線となり、約 $1,000$ 時間で 50% の照度維持率である。

鉛直点灯の場合、発光管の表面温度分布上、高温である上部の箇所からの光利用が多いため、上側電極を延長して寿命改善を図った例¹¹⁾が紹介されている。この例では電極間距離を 5mm とし、図5(b)に示す改善された中心照度維持率となっている。

図5. 照度維持率の比較

上側電極を長くする事で、放電容器の上部の温度を下げ、気相による失透速度を遅らせる事で中心照度の低下を抑える事ができたものである。

水平点灯においては、発光管の上下に温度差が生じ、上部では添加物蒸気と石英とが気相で反応し、また下部では添加物量に応じた液相での石英との反応による失透現象が見られる。

光学的にこれらの部分を透過した光が多く投影されるため失透現象の進行がスクリーン照度を低下させる原因となっている。

下部温度を上昇させ、添加量を少なくコントロールし、上部温度のみを送風ノズル付きショートアークメタルハライドランプでは、送風量を適切に選び層流とする事で、大幅な寿命改善がなされる。

また、沃化物系を臭化物系に変更し寿命改善を確認した例¹²⁾や、透光性多結晶アルミナを放電容器とし、石英では用いる事の出来ない赤域発光スペクトルの強いLiを封入したIn-Tl-Li-Dy系の例¹³⁾等が発表されていて、今後更に放電容器と添加物との挙動を中心とした長寿命化が進むと考えられる。

7. 点灯装置

電装される事や付加的機能を要求される事から、小形で軽量化された電子式点灯装置（安全器）が開発、実用化されている。

点灯方式として主に高周波点灯形とスイッチングレギュレータ形が検討されている。

高周波点灯形は限流素子の小形化出来るし、メタルハライドランプの再点弧に伴う電極損失が低減され発光効率が增大するなどのメリットがある半面、特にメタルハライドランプに著しい、点灯時発光管内に生じた圧力の定在波による音響的共鳴現象と呼ばれるアーク不安定現象を生ずる。

この現象を防止するために定在波の発生しない周波数帯の調査や、点灯周波数を常に変動させる等の研究¹⁴⁾¹⁵⁾が行われている。

スイッチングレギュレータ形安定器は、交流電源の整流部の後段に図6に示す回路を接続し、トランジスタに応答速度の速い素子を用いる事で矩形波とし、メタルハライドランプの音響的共鳴現象を防止している。また点灯周波数によってアークが影響を受け、発光特性に変化を生ずる報告¹⁶⁾があり、良好な周波数帯として200～400Hzに設計させている。

図6. スwitchングレギュレータ型（交流点灯用）安定器の例

この他点灯装置に要求される事項として、

(1) メタルハライドランプは電氣的陰性度の高いハロゲン元素を添加しているため、放電を開始させるには高電圧パルスが必要であり、一般にはトランス昇圧形のパルス発生回路が用いられる。

ランプ始動後、高電圧パルスを印加し続けると放電の安定性に影響を与えたり、周辺装置、低電圧回路への悪影響が想定されるため、ランプ電圧の立ち上がりを見地してパルスを停止させる事、ランプが始動しない場合にはタイマ回路を用いてパルスを停止させる事などの対策が重要である。

(2) 立ち上がり時間を速やかにするために、始動直後の低いランプ電圧に、定常時に比べて大きな電流を長す制御機能が必要である。

定常点灯状態においては、ランプ電力をほぼ一定に保持するように電源電圧、ランプ電圧およびランプ電流を検知し、制御している。

(3) 高速でトランジスタをスイッチングさせるスイッチングレギュレータにおいては、電氣的ノイズを発生し易い。

特に、液晶プロジェクタなどでは液晶駆動回路等の低電圧回路と隣接して設置される場合が多く、電氣的ノイズに対し、充分な低減対策を備えることが必要である。

更に、スイッチングや点灯周波数は周辺機器装置に影響を与えないような周波数を選定すべきである。

上述に基付いて設計されたショートアークメタルハライドランプ用電子安定器のブロック図、および特性を図7および表1に示す。

表1 ショートアークメタルハライドランプ用安定器の仕様例

項 目	仕 様
電 源 電 圧	AC 90～110V
電 源 周 波 数	50/60Hz
点 灯 波 形	矩形波
点 灯 周 波 数	400Hz
1 次 側 入 力 電 力	172±10W
ラ ン プ 電 力 範 囲	150±7W
ラ ン プ 電 圧 許 容 範 囲	85±15V
リ ッ プ ル 含 有 率	10%以下
重 量	0.7kg（除シールドケース）

図7. ショートアークメタルハライドランプ用安定器のブロック図

8. 今後の展望

ショートアークタイプのメタルハライドランプは、今後その需要の大きさから更に改良が加えられ、光学機器に適したランプが研究、商品化されると思われる。

寿命特性は、現在 CRT と比較されるまでに至っていないが、添加物の選択や組み合わせ、透光性アルミナ等のハロゲン化物に侵され難い材料の研究などを通して、今後改良が推進されると思われる。

画面の照度、色再現性についても、光学部品、光学系の改良のみでなく、光学機器の設計者とランプ設計者との相互理解を深める事¹⁷⁾で更に良好となると期待する。

液晶プロジェクタの出現によって、規模が拡大しつつあるショートアークメタルハライドランプが、その他の用途にまで拡大し、一つの分野を築く事を期待したい。

(受付1993年9月14日)

参考文献

- (1) 大江均等；液晶ビジョン XV-100Z, シャープ技報, 43, p103 (1989)
- (2) 浅田茂；プロジェクションテレビの光源設計技術, プロジェクションテレビの設計, 安藤, 両角, トリケップス, p119(1989)
- (3) 金井, 吉池；光源の開発, 液晶ビデオプロジェクタ技術, 佐々木, 両角, トリケップス, p61 (1990)
- (4) 北原, 諏訪, 渡辺, 友清；液晶プロジェクタ用メタルハライドランプ, National Techn. Rep., 38-6, pp605-613 (1992)
- (5) 増井, 金井, 漆原, 柵木；液晶プロジェクタ用光源, 第231回蛍光体同学会, 21 (1990)
- (6) 成田, 大山, 平本；液晶 OHP 用メタルハライドランプ, 照学研究會, LS-90-4, p.25 (平2)
- (7) USP, 5, 220, 244
- (8) 吉池, 漆原, 大河原, 箔木；液晶プロジェクタ用メタルハライドランプの省電力化, 照学全大, p218 (平5)
- (9) 中西, 山谷, 柴谷, 浜田, 横井, 井上, 谷村；マイクロレンズアレイと新規駆動方法を用いたプロジェクション用 TFT-LCD, シャープ技報, 56 (1993)
- (10) M.Yamane et al., J. Appl. Phys. Vol.54, No1 (1983) p.107 (1983)
- (11) 漆原, 柵木, 吉池；LCD プロジェクタ光源, 電気関係学会関西

支部連大, S11-2 (平3)

- (12) 川島, 田中, 本田；プロジェクタ用光源に適したメタルハライドランプについての一考察, 照学全大, No24 (平4)
- (13) 市瀬, 原口, 山崎；RGB 発光型セラミックメタルハライドランプ, 照学全大, No23 (平4)
- (14) 中西, 井上, 小松原, 姫井；100kHz 以上の高周波による HID ランプの点灯, 照学誌, 70-2, pp62-66 (昭61)
- (15) 永瀬, 西村, 内橋, 塩見；高压放伝統用電子式点灯回路の研究, 照学誌, 72-2, pp85-90 (昭63)
- (16) K.Tomokiyo, Y.Kitahara, T.Watanabe, T.Uemura；Effect of cold spot temperature and operation frequency on the spectral properties of metal halidelamps for LCD projectors. The 6th Int. Symp. Sci. Technol. of Light Sources, 73, p.299 (1992)
- (17) T.Hiramoto；Compact HID lamps for liquid crystal projectors. The 6th Int. Symp. Sci. Technol. of Light Sources, 67, p.275 (1992)

マセキ キョウイチ
柵木 教一 (正会員)

昭和23年4月24日生まれ。昭和46年3月相模工業大学電気工学科卒業、同年4月岩崎電気(株)開発部へ入社、メタルハライドランプの研究開発に従事、現在光源事業部 HID ランプ部ショートアークメタルハライドランプ (SAM) 担当。